第2章 自動車に見る「組み込み技術」の最新事情
――数十個のマイコンで「安全」，「環境」，「快適」の要求にこたえる

平野和夫

キーレス・エントリ，ドアのオートロック，エンジン制御，ブレーキ．ふだん乗っている自動車で，何気なく使っている機能の多くは，電子的に制御されている．安全性や環境問題への対応の要求が高まる中，自動車のエレクトロニクス化は進み，その技術動向は注目を浴びている．例えば，2004年10月18日～24日，愛知県名古屋市で開催された「ITS世界会議 愛知・名古屋2004」には，関連イベントへの参加者も合わせると来場者の合計が50万人以上という，かなりの盛況ぶりだった．ここでは，自動車業界で25年間しごとをしている筆者が，若手技術者へのアドバイスを交えながら，カー・エレクトロニクスの概要を解説する．（編集部）

みなさんは，「ITS」ということばをご存じでしょうか？ ITSは“Intelligent Transport System”の略で，日本語では「高度道路交通システム」となっています．自動車と道路が通信によって結合され，「より安全で，快適で，環境に優しい道路交通を実現する」ことを目指しています（**写真1**，**図1**）．現在は国土交通省という一つの省庁になっていますが，もともとは高速道路や国道を管轄する旧建設省，自動車などの運輸・交通手段を管轄する旧運輸省がそれぞれの立場でAHS（Advanced Highway System）とASV（Advanced Safety Vehicle）というプロジェクトを進めていました．その後，これらがITSの旗印の下，連携して進められてきているのです．

こうしたプロジェクトの中から，すでに実用化されて，



写真提供：ITS Japan

写真1　「ITS世界会議 愛知・名古屋2004」のようす
2004年10月18日～24日，愛知県名古屋市で開催されたITS世界会議のイベントなどへの来場者は，総計約50万人にのぼった．

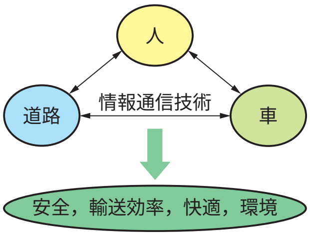


図1
ITSとは何か？
ITSとは，車と道路が情報通信手段によって連携することである．安全で効率が良く，快適で環境に優しい道路交通を実現する．

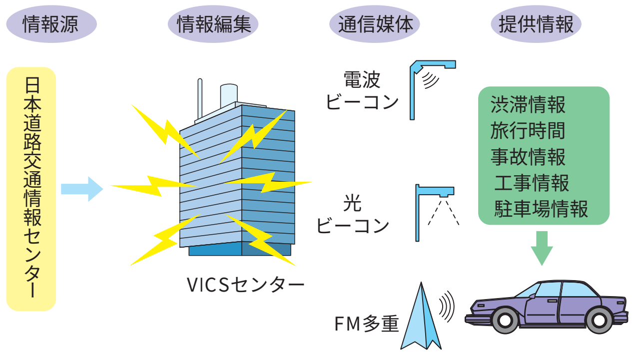


図2　VICS（Vehicle Information and Communication System）
収集された交通情報がVICSセンターから各種の媒体を通じて車へ送られ，カー・ナビゲーション・システムの画面などに表示される．



図3
ETC（Electronic Toll Collection System）
2001年に始まった高速道路の自動料金収受システムも，2005年1月には利用率が24％まで増加している．電子化に伴って，各種の割引料金の設定も可能となった．写真は，首都高速道路の志村本線料金所（東京都板橋区）．

【現在までの取り組み】
- 2001年3月
  ETCサービスの開始
  千葉地区など63ヵ所
- 2001年7月
  3大都市圏にサービスを拡大
  83料金所を追加
- 2002年7月
  全国733ヵ所に拡大
- 2004年8月
  全国1290ヵ所に拡大
- 2005年1月
  車載器が累計500万台
  利用率は24%

多くのドライバが使っている電子装置があります．例えば，カー・ナビゲーション・システム，VICS（道路交通情報提供システム，図2），ETC（道路料金収受システム，図3）などが挙げられます．また近年では，自動車単独の機能として，ASVプロジェクトの中で研究されていた白線認識・自動操舵機能や，レーダによる前方車両追従走行，自動車庫入れ機能などが実用化されています．高級車には，上述したもの以外にもいろいろな機能が備わっており，1台で80個以上のプロセッサが搭載されている車種もあります．

では，最近の車の中はどうなっているのでしょうか？ ここではそのあたりに光を当てながら，現在の車載電子システムの開発について解説していきます．

COLUMN 1 「見て，知って，考える」エンジニアになろう

筆者は，1980年代初めから約25年間，カー・エレクトロニクスにかかわってきました．自動車は自分が消費者の立場になれるので，比較的関心が持ちやすい製品だと思います．また，約4年ごとにモデル・チェンジが行われるので，入社して管理職になるまでの約12年の間に，最初はメンバの一員として開発に携わり，次の車種では中核の技術者として，そしてその次の車種では開発のリーダとして，段階を踏んで活躍できる可能性があります．

ここでは自動車技術を例に，エレクトロニクスや組み込みシステムの業界に入ってこられるみなさんへのアドバイスをいくつか紹介したいと思います．

● 好奇心を持つ

「なぜだろう，なんだろう」という気持ちを持つことはとても大事です．インターネットの発達により，多くの情報に接して，その情報を収集することは容易になりました．目にするもの，耳にするもの，それらに技術的好奇心を持ち，考えることがたいせつです．

かなり以前の話になりますが，スペースシャトルが宇宙飛行を終えて初めて地球に戻ってきたときのことです．筆者は，早朝からこのようすをテレビ中継で見ていました．あいにくの雨模様の中，まだかまだかと思いながら待っていると，遠くに小さな点が見え，やがて軍用機に付き添われてスペースシャトルが姿を現しました．そのときです．よく見ると，そのスペースシャトルの前面の窓でワイパが動いていたのです．このワイパは自動車のものと同じで，原始的ですがゴムで水分をとるというものでした．コストにそれほど厳しくないスペースシャトルでこの種のワイパが採用されたのは，やはりその方法がもっとも効率が良いからなのでしょう．翌朝，ニュースや新聞で「スペースシャトル無事帰還」という情報を見るだけでは，こうしたことには気づかなかったと思います．技術的好奇心を持って，実物を見ることがやはりたいせつです．

● 使われかたを知る

みずからが開発した物がどう使われているかを知ることは，とても大事なことです．「要求仕様どおりにできているからOK」と考えてしまうのと，どう使われているのかを知って次のアイデアや新製品につなげるのとでは，大きな差があります．

自分が開発している物，製造している物に万一，不ぐあいがあった場合，最終的にどういう結果や現象につながるのかを考えるようにしてください．こうすることで，緊張感が高まり，しごとの質も上がります．例えば，自動車用の部品開発の場合，オフィスや研究室で考えるのではなく，現場である車の中でみずからハンドルを握りながら考えることで新しい発想に行き着くことがありました．

● 類似性で考える

アイデアに詰まったときに，まったく違ったジャンルの製品で類似

● 安全，環境，快適の要求にこたえる日本メーカ

日本の自動車メーカは世界的に活躍しています．2004年の生産台数で世界第2位になって意欲的な生産台数増を掲げているトヨタ自動車，独立路線を歩んできた本田技研工業，フランスのRenault（ルノー）社との提携を成功させてV字回復を成し遂げた日産自動車をはじめとして，日本には10社以上の大手自動車メーカが存在します．自動車業界の世界的再編は1990年代に進みましたが，その中でも日本企業の存在感は一段と高まってきています．

これから先，京都議定書[注1]の実現に向けて，よりいっそう環境に優しい車が求められます．その一方で，中国や東南アジアの自動車市場が拡大しています．現時点で，環境問題に対応したハイブリッド自動車技術[注2]をけん引しているのは，トヨタ自動車や本田技研工業をはじめとする日本の自動車メーカです．また，燃料電池自動車[注3]を世界に先駆けてリース販売したのも両社です．東南アジアで求められる小型車にも，コンパクトな車作りを得意とする日本の自動車メーカの技術が生きています．

日本は部品メーカの陣容も強力です．以前は，ドイツBosch社などの技術に学ぶことが多かったのですが，今ではデンソー，日立製作所をはじめとして，部品メーカの技術や製品品質が自動車メーカを支えています．ワイヤ・ハーネス（自動車用組み込み電線）でも，矢崎総業や住友電気工業といった日本メーカが，世界シェアの1位と3位を占めています．

自動車は移動する機器であり，振動や世界中のさまざまな温度湿度環境に耐え，さまざまな使われかたをされ，そして自動車の耐久期間中の無故障が求められます．自動車

注1：二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスについて，大気中の濃度を一定にすることを目的として，1994年に発行された．例えば日本の場合，2008年～2012年の間に，対1990年比で6％の温室効果ガスを削減することが義務づけられている．
注2：ハイブリッド自動車とは，エンジンで得られる第一の動力と，バッテリからの電気エネルギーとモータによる第二の動力を組み合わせて走行する自動車．実用化された初のハイブリッド自動車として，トヨタ自動車のプリウスが有名．
注3：燃料電池自動車は，燃料として水素を利用し，水素の燃焼（$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$）の反応の間に発生する電気エネルギーによって走行する．現在20台程度がリース車として実際に使用されている．

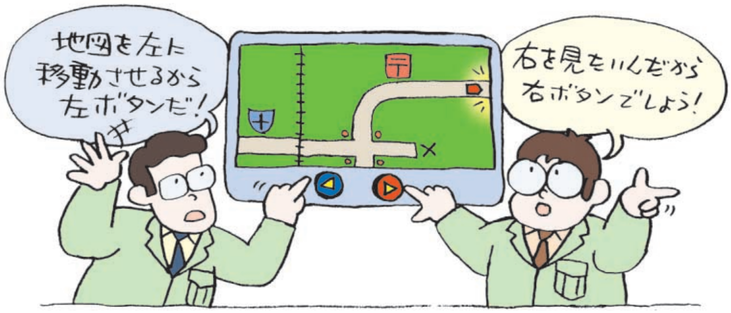
2

の機能を果たしている物はないかと考えるのも一つの方法です．

例えば，カー・ナビゲーション・システムの開発過程において，次のような議論がありました．それは，「地図を左右にスクロールさせるとき，どのスイッチを押すべきか」という論議です（図A-1）．「地図画面の右方向が見たい場合，地図を左に移動させることで今見ているところの右側が見えるのだから，『左にずらす』という意味で左スイッチだ」とする某社役員さんの意見と，「今見ているところの右を見たいのだから『右を見たい』という意味で右スイッチだ」という意見がありました．ところで，当時はやっていたテレビ・ゲームでは，画面を右に進めるときは右スイッチで操作を行っていました．このことから，カー・ナビゲーション・システムの画面スクロールも「右を見たいときは『右スイッチ』で，左を見たいときは『左スイッチ』で」ということで，開発陣の意見は一致しました．

しかし，その役員さんはなかなか了承してくれません．そこで，筆者は次のように問いかけました．「役員室が10階にあるとしましょう．そこから1階に下りようとするとき，エレベータが1階にあると表示されていたら，『上がってこい』という意味で上ボタンを押して，そのまま上の階に行ってしまった経験がありませんか？でも，この場合は『下に行きたい』ということで下ボタンを押すべきでしょう」．

この説明で，その役員さんはようやく納得してくれました．これが類似性の発想です．



図A-1
右ボタン？　左ボタン？
カー・ナビゲーション・システムにおいて地図画面の右のほうを見たい場合，右ボタンを押すか，左ボタンを押すかという議論があった．

に求められる低コストと高品質，これを世界同一水準で実現・維持できていることが，日本の自動車産業の強みであり，国際的競争力の源泉となっています（pp.66-67のコラム「『見て，知って，考える』エンジニアになろう」を参照）．

環境に優しい車が求められるこれからの時代には，狭い国土を最大限に活用している日本の自動車メーカが大きな力を発揮することでしょう．複雑な道路網を迷うことなく目的地に到達できるカー・ナビゲーション・システム，渋滞情報を知ってそれに対処できるVICSなどの技術も世界に先駆けて実現しました．国土交通省によると，カー・ナビゲーション・システムの搭載車は1980年代後半の発売開始以降，年々増え続け，2004年9月には1,600万台を超え，VICSユニットも2004年には累計1,000万台を超えました．

自動車の永遠の課題は，交通事故の撲滅でしょう．一般市民が自由ルートを運転する以上，事故は避けられません．しかし，継続的な対策は必要です．日本における交通死亡事故は年々減少してきていますが，それでも毎年阪神淡路大震災と同じくらいの死者が出ています．また，自動車の急増著しいアジアの国々では，日本と比べて1～2けたも高い率で事故が発生しています．

「環境」と「安全」，そして「快適」．これらが，現在，自動車に関係する技術開発のキーワードとなっています．

1 エレクトロニクス化が進む自動車制御

では，次に自動車の技術をその進化とともに紹介していきましょう．

● エンジンもドアもキー操作もすべて電子制御で

ところで，みなさんは「ワイヤ・ハーネス」の語源をご存じでしょうか．馬車の馬具の一つで馬の進路を制御するものを「ハーネス」と言います（図4）．ワイヤ・ハーネス（正式には「ワイヤリング・ハーネス」）は，この馬車の制御を革製のひもではなく電気的に行うものという意味で名付けられました（図5）．

図6は，スイッチをONするとランプが点灯するという原理的な配線を示したものです．バッテリからヒューズを通り，さらにスイッチ，ランプを通って，ボディ・アースにつながります．これらの機器の間を接続するのがワイヤ・ハーネスです．スイッチには，ヘッド・ライトのように直接人間が意識的に操作するものもあれば，停止するた

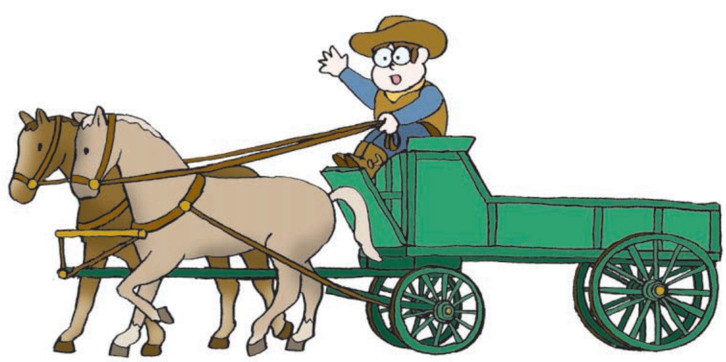


図4
ワイヤ・ハーネスの語源
馬車の馬の進路を制御する革製の馬具を「ハーネス」と言うが，自動車の場合，これを電気的に制御するという意味で「ワイヤ・ハーネス」と呼ばれるようになった．

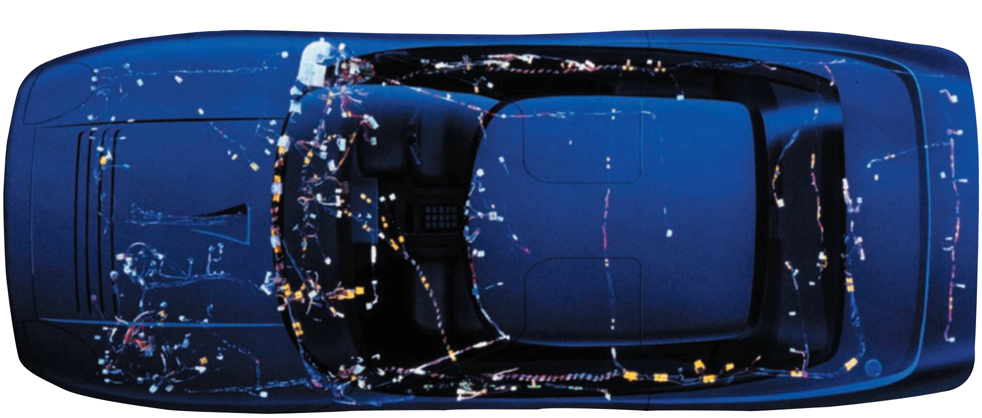


図5
ワイヤ・ハーネス
自動車を平面図的に見て，ワイヤ・ハーネスがレントゲン写真のように写っている．

めにブレーキ・ペダルを踏むと自動的にスイッチONするブレーキ・スイッチのようなものもあります．

図7は，ドア・ロック機能における自動化の例です．現在，ドアの施錠を行うドア・ロック・システムは，機械式から電気式に変わりました．これにより，ドライバが運転席からすべてのドアの施錠・解錠を行えるようになりまし

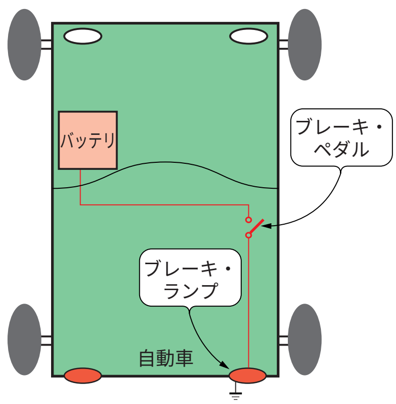


図6　原理的配線
自動車の配線は，原理的には直流回路で，電源→スイッチ→負荷（モータ，ランプなど）→ボディ・アースとなっている．

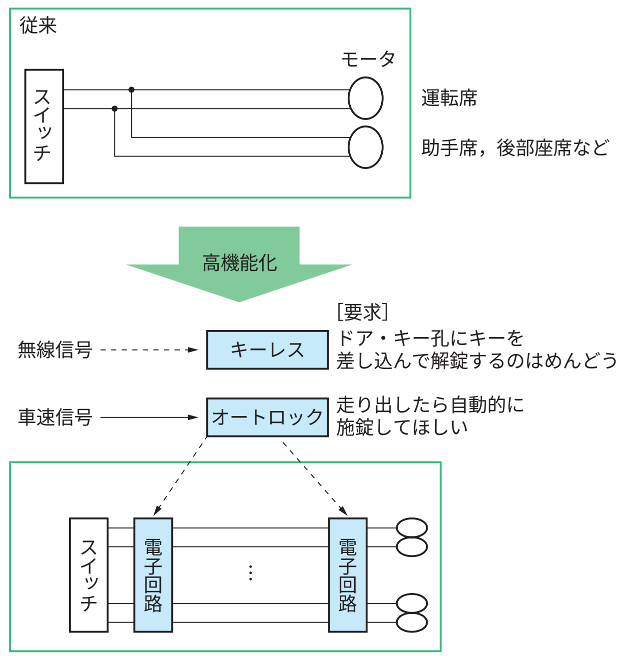


図7　ドア・ロック機能の高度化
機能の高度化によって，電子手段による制御が増えてきた．例えば，ドア・ロックでは無線信号や車速信号を利用した制御が導入された．車速信号は，このほかにもエンジン制御，ブレーキ制御，トランスミッション制御，カー・ナビゲーション・システムなど，多くの制御装置において使われている．

COLUMN 2　自動車における力学

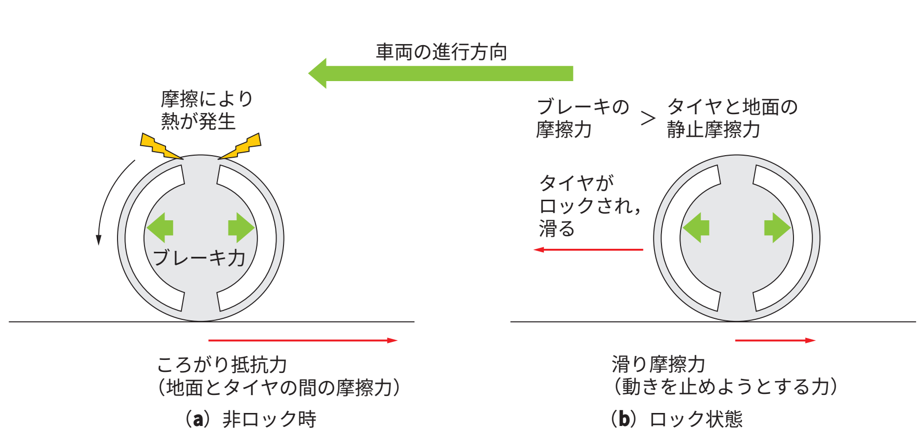
ABSを考えるうえで重要な摩擦についてもう少し詳しく説明します．

自動車の場合，惰性で回転しようとするタイヤと連結されているブレーキ・ドラムをブレーキが挟みつけます（図B-1）．このとき，摩擦によってかなりの熱が発生しますが，自動車の運動エネルギーが熱エネルギーに変わることで制動がかかります（停止状態に近づく）．一方，タイヤは地面と接しています．タイヤがブレーキによって減速されたエネルギーをしっかり路面に伝えられれば，それは自動車自身の減速につながります．

しかし，過度にタイヤが減速されすぎると，路面に対してタイヤがすべる，つまりタイヤの回転が止まって（ロックして）いるのに自動車は前進するという状況になります．こうなると，自動車の挙動はロックしているタイヤと地面の間の摩擦係数だけに依存することになります．

このような場合，タイヤをロックしないようにして，ころがり抵抗（タイヤがころがる状態で発生する地面との間の摩擦力）で自動車を止めるほうが短い停止距離で止まれます．

図B-1
摩擦と減速
（a）の非ロック時は，タイヤの回転をブレーキによる摩擦ところがり抵抗で減速させる．（b）のロック時は，ブレーキによりタイヤの回転が止まっているので，滑り摩擦力のみで減速させることになる．



た．さらに，自動車が走り出すと安全のために自動的にドアが施錠されたり，キー孔に差し込まなくてもリモコンでドアの解錠を行えるといった機能が加わり，エレクトロニクス化が進んできています．

また，駆動系ではエンジンのガソリン噴射量やタイミング制御を司るエンジン制御ECU（Electronic Control Unit；電子制御ユニット）を導入することで，高出力，高燃費のエンジンへと進化してきました．こうしたエンジン燃料噴射制御技術は，もともと，飛行機に採用されていたものですが，電子制御に必要なマイコンの能力が向上し，コストも低くなってきたことから，自動車にも導入されるようになりました．

● 運転操作にかかわる部分もエレクトロニクス化

上記の機能は，いずれもドライバの運転動作に直接かかわらないものです．その領域に最初にかかわったのがABS（Antilock Brake System）です．濡れた路面や雪道，凍結路といったスリップしやすい路面では，路面とタイヤの摩擦係数が小さくなります．こういう路面で強くブレーキを踏んでしまうと，タイヤはロックしてしまい，停止距離は摩擦係数にのみ依存する形になってしまいます（p.69のコラム「自動車における力学」を参照）．

ABSシステムは，ドライバがブレーキ・ペダルからブレーキ配管系に与えた圧力に対して，ABS用ECUが「それでは強すぎる」と判断して圧力をゆるめるシステムです（**図8**，**写真2**）．ドライバが踏んでいるブレーキの圧力をECUが逃がす指示を出すことにより，安定した停止が可能となります．

万一，ECUになんらかの異常が発生して誤動作したり，誤った判断をしてしまうと，とんでもないことになります．したがってABSシステムにはさまざまな形でフェイルセー

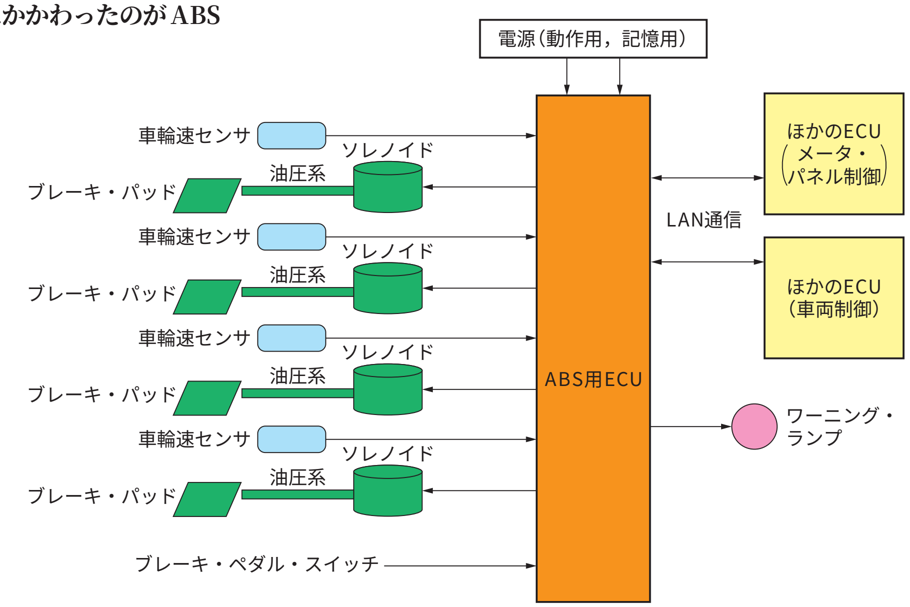


図8
ABSシステムの概要
ABSシステムは，ドライバがブレーキ・ペダルからブレーキ配管系に与えた圧力に対して，ABS用ECUが「それでは強すぎる」と判断して圧力をゆるめる．なお，図に示したものはあくまでもシステムの一例．

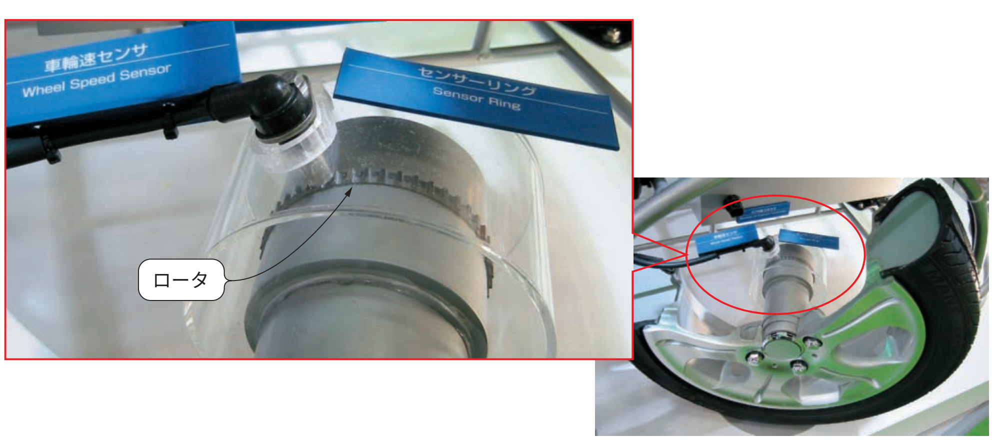


写真2
ABSのワイヤ・ハーネス
車輪速センサの中には電線がコイル状に巻いてある．タイヤといっしょに回るロータ（写真のぎざぎざの部分）は凹凸になっていて磁性を帯びている．電磁誘導の原理で電線のそばを通る磁界が変化すると電流が流れる．センサの直近をロータの凹凸が通過することで，凹凸の数，すなわちタイヤの回転速度を検出することができる．

フ(耐故障性のための機能)が組み込まれています．複数の回路で同一の判断をさせて結果の一致を確認してから動作させるとか，複数の半導体スイッチを用いて信頼性を高めるとか，ソフトウェアが正常に動作しているかどうかを確認する機能を付けるといったことが行われています．

● エンジンとモータのハイブリッドで燃費を向上

近年，環境に優しい車の研究開発・実用化が進んでいます．欧州では乗用車の約半数がディーゼル・エンジン車となり，排出するCO_2の低減に貢献しています．

国内の燃費計測には10-15モード[注4]が用いられます．これは日本における平均的な走行パターンを模擬したもので，欧米の燃費計測パターンよりも発進・停止が多いのが特徴となっています．ハイブリッド車では，基本的にはガソリン・エンジンで走行します．オルタネータ[注5]で発電した電気エネルギーを約200Vという高圧のバッテリに蓄電してモータを回すことにより，「低回転数で燃費が良くない」とい

注4：決められた走行モード(アイドリング・ストップ，加速，定速，減速)のパターンによる燃費計測．10個の走行モードを組み合わせたパターン(10モード)を3サイクル，15個組み合わせたパターン(15モード)を1サイクル行って測定する．10モードは市街地における走行に近いパターン，15モードは郊外の条件の良い道を走行した場合を想定したパターン．

注5：オルタネータは，ひと言で言うとモータの一種．一般に，モータは電力を与えて回転力を取り出すために使われるが，電磁誘導の原理によって回転力を与えて電力を取り出すものをオルタネータという．

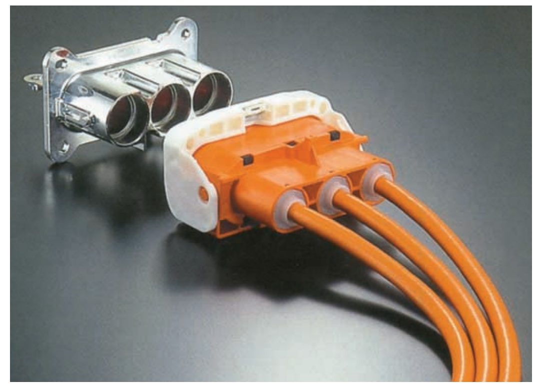


写真3　高電圧ワイヤ・ハーネス
ハイブリッド車に使われている高圧ケーブル．モータを効率良く回転させるため，数百Vの電圧が採用されている．高圧系統であることを示すために，オレンジ色のケーブルが採用されている．

COLUMN 3　ステレオ・カメラによる距離計測

カメラを用いた自動車の速度調整システムでは，どのように距離を測定しているのでしょうか．この点について，少し細かく説明します．

図C-1に2台のカメラを用いた場合の距離計測を示します．この場合，三角測量の原理を用いています．三角測量は，三角形を構成する二つの頂点(1辺)が既知であるとき，そこから未知のもう一つの頂点を導き出すというものです．

図C-1の場合，ワールド座標系(3次元空間全体を表す座標系)の点$P(X, Y, Z)$は，左右二つのカメラ画像の中の点$P_L(X_L, Y_L)$と$P_R(X_R, Y_R)$に投影されます．ここで，点Pと点P_L，P_Rの関係は以下の式で表されます．

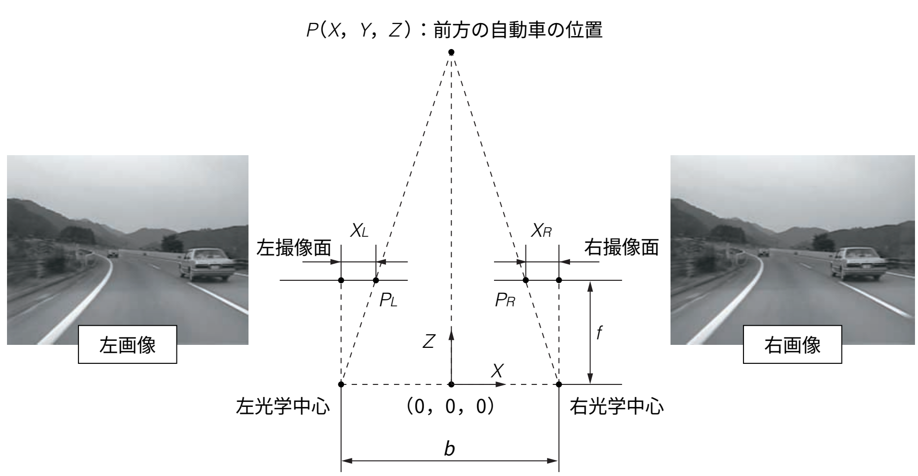
$$X=\frac{b(X_L+X_R)}{2(X_L-X_R)}$$

$$Y=\frac{b(Y_L+Y_R)}{2(X_L-X_R)}$$

$$Z=\frac{bf}{X_L-X_R}$$

このとき，fはレンズの焦点距離，bは二つのカメラの間の距離，X_L-X_Rは両カメラの視差です．

こうして，点P_Lと点P_Rの2点から点Pの位置を算出できるわけです．座標(距離)は視差X_L-X_Rのみに依存するので，視差量の変化による測定距離の変化を計算すれば，進行方向の距離分解能が算出できることになります．



図C-1
ステレオ・カメラによる距離計測原理
カメラを複数台使って，その視野角から前方の車両との距離を計測し，自車の速度調整に使用している車両もある．なお，本図におけるY軸は，誌面と垂直の方向にあるものとする．

2

うガソリン・エンジンの弱点を補います．減速時にはモータを使って運動エネルギーを電気エネルギーの形に回生し，バッテリに充電することで，次の加速時にエネルギーを再使用することができます．つまり，加速・減速にともなうエネルギーのむだをモータとバッテリによって低減することができるのです．従来のガソリン車の約1/2の燃費，言い換えると1ℓ（リットル）当たりの走行距離が約2倍になります．

写真3は，ハイブリッド車に用いられている高電圧のワイヤ・ハーネスです．高電圧の回路であることを示すために明るいオレンジ色が使用されています．

2「組み込み技術」は今後さらに重要に

図9に，国土交通省が主導してきた先進安全自動車プロジェクト（ASV：Advanced Safety Vehicle）の概念図を示します．自動車に多くのセンサを取り付け，「走る」，「曲がる」，「止まる」にかかわる安全機能を追求することを目的としています．これらの中から，すでに多くの機能が量産車に搭載されています．そのうちのいくつかを紹介します．

●「カメラ付き自動車」が普及している

携帯電話にカメラが搭載されるようになって3年以上が経過しました．カメラ付き携帯電話の普及によってCCDカメラやCMOSカメラのコストがずいぶん下がりました．今では，自動車にも多くのカメラが搭載されています．例えば，バックするときに後方の安全を確認するバック・モニタ，運転席から見えない左右の死角の安全を確認する左右監視カメラ（**図10**），助手席の側方を確認するサイド・カメラなどが挙げられます．近赤外線カメラで夜間の前方歩行者（障害物）の発見を容易にするシステムや，車両の進路を計算してカメラ映像に重ねることによって縦列駐車などの運転操作をアシストするシステムもあります．カメラ映像はモニタ画面に映し出されます．カー・ナビゲーション・システムの普及によって，多くの車がすでにモニタを装備しています．つまり，カメラ・システムが普及する条件が整っていることになります．

上記のカメラ・システムの場合，カメラ画像を見て安全確認を行うのはあくまでもドライバです．一方，カメラ映像をドライバではなくコンピュータが見て制御するシステムもすでに量産化されています．例えば，複数のカメラを

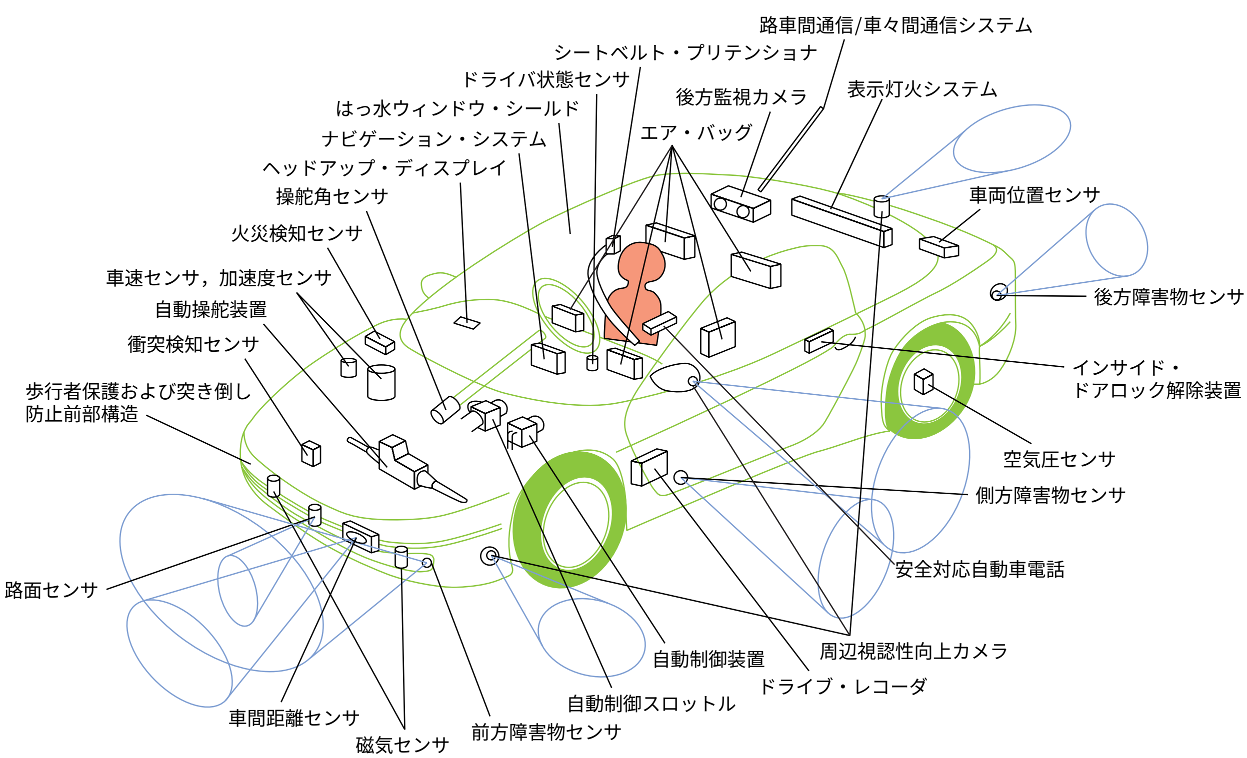


図9　ASVプロジェクト[(1)]
ASVとは，自動車にカメラやセンサを数多く搭載することで，安全な自動車の実現を目指したプロジェクトである．このプロジェクトの中から，駐車アシスト・システムや前方監視レーダ，車線逸脱警報などの個別のシステムが実用化された．

用いて前方の車両との距離を計測し，自車の速度調節を行うシステムや，高速道路において前方の白線をカメラで認識し，運転手の操縦を支援するシステム，カメラで真横の白線を検知し，車線逸脱を検知するシステムなどが挙げられます(p.71のコラム「ステレオ・カメラによる距離計測」を参照).

● ABSからESC，そしてX-by-wireへ

図11はESC(Electronic Stability Control)，いわゆる横滑り防止システムの動作原理図です．

カーブを通過する際に，いずれかの車輪に少しだけブレーキをかけてやると車両の旋回が容易になります．また，緊急回避(急ハンドル)時のスピン防止にも役立ちます．ESCとはこれを電子的に行うシステムです．このシステムは，自動車の性能を極限まで高めることによって，通常の運転領域における運転のしやすさを向上させるものです．

ABSシステムでは，ブレーキを踏むという動作によってスイッチをONし，それがABSのECUに伝えられます．しかし，ブレーキを踏むという動作は運転の根幹であり，そのスイッチ信号は，ワイヤ・ハーネスを介して，ESCシステム，エア・バッグ，車高制御，ステアリング制御，エンジン制御，トラクション制御，トランスミッション制御，ハイブリッド制御，盗難防止などの多くの機能に伝達され

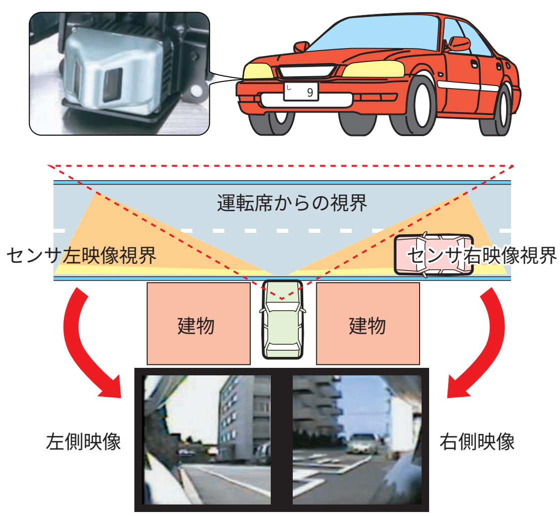


図10　左右監視カメラ
携帯電話にカメラが付く時代になって，CCDカメラやCMOSカメラのコストが下がってきた．そのため，自動車にもカメラが多く搭載されるようになっている．運転席からでは見づらい左右の映像を，光学レンズと一つのカメラで映すことのできる製品も登場している．



写真4　自動車内のワイヤ・ハーネス
写真は，2004年10月18日～20日に開催された自動車エレクトロニクス技術に関するコンファレンス/展示会「Convergence 2004」(開催地は米国ミシガン州Detroit)において，住友電気工業のブースに展示されたワイヤ・ハーネスの模型．実際の自動車では，ハーネスの量はもっと多くなる．

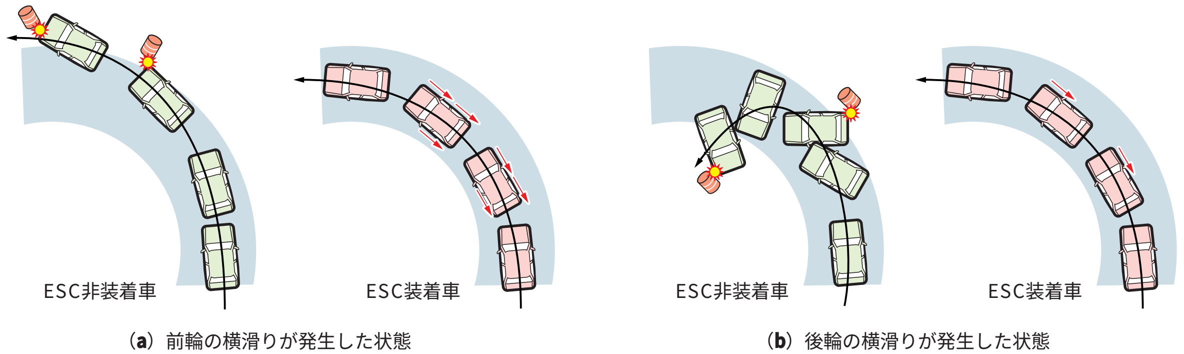


図11　ESC
車両が横滑りし始めたとき，いずれかの車輪に軽くブレーキングすることで姿勢の安定化を図ることができる．車両の各車輪の速度，車体の旋回角速度を計測しておけば制御が可能となる．

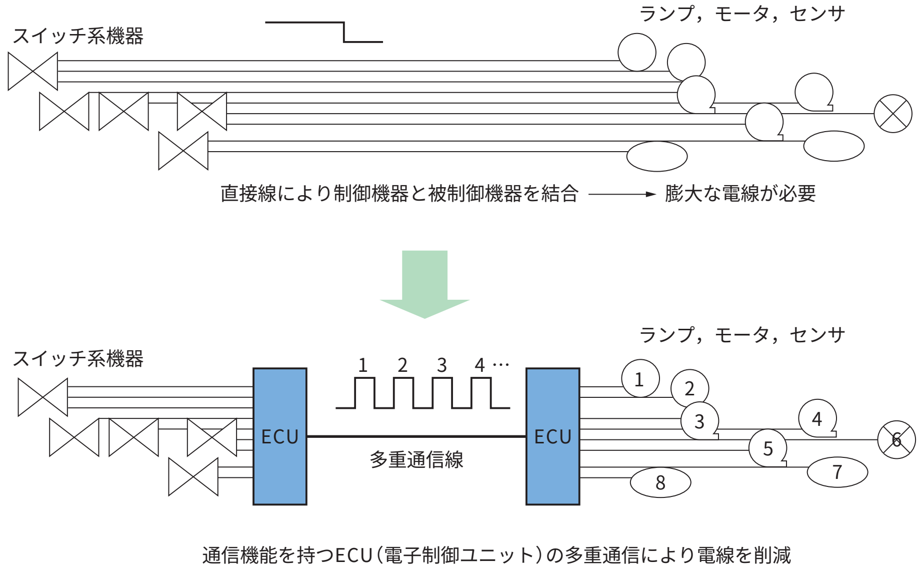


図12
多重通信
制御系の電子化により，スイッチは電流をON/OFFする手段から，単なる接点情報へと変化した．これに伴い，スイッチ情報を電線を使って伝えるのではなく，多重化してLAN経由で伝えるように変化してきた．

ています．こういった機能の増加および高度化により，車両1台当たりのワイヤ・ハーネスは，高級車で1,000回路/台，総配線長にして1,500m以上に達しています（**写真4**）．このような高級車では，80個以上のマイコンが搭載され，多くの車両信号がECU間でやりとりされています．こうした背景から，各ECUの間の連携をとる必要性が高まりました．最初は，各自動車メーカが独自の規格でECU間の多重通信を行っていましたが，コストや信頼性の面から近年さまざまな車載ネットワーク規格が提唱され，標準化が進められています（**図12**）．

こうした運転にかかわる機能については，従来，機械システムによって実現されていました．それが高機能化とエレクトロニクス部品の信頼性向上によって，電子的に行われるようになってきています．Steer-by-wire，Brake-by-wire などを総称したX-by-wire時代が到来しているのです．

参考・引用*文献

(1) * 国土交通省自動車交通局先進安全検討会のホームページ，
http：//www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/chuu/index00.html

ひらの・かずお
住友電気工業(株)自動車事業本部

<筆者プロフィール>
平野和夫．1974年，京都大学工学部を卒業，住友電気工業に入社．1980年からハーネス・エレクトロニクス，カー・ナビゲーション・システムなどのカー・エレクトロニクス関係の研究開発に従事．